

PENGUNAAN *CRUDE PALM OIL* (CPO) SEBAGAI BAHAN PELUNAK (*FACTICE*) DALAM PEMBUATAN KOMPON KARET GELANG

THE USE OF CRUDE PALM OIL (CPO) AS FACTICE FOR COMPOUND OF RUBBER BAND

Nuyah

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang

e-mail: nuyah1957@yahoo.co.id

Diterima: 06 Juli 2013; Direvisi: 16 Juli – 18 November 2013; Disetujui: 28 November 2013

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai bahan pelunak (*factice*) dalam pembuatan kompon karet gelang, serta mendapatkan formula kompon karet yang tepat dan memenuhi persyaratan. Jenis bahan pelunak yang digunakan dalam penelitian yaitu CPO, dan bahan pengisi (*filler*) silika dengan variasi perbandingan yaitu formula 1 (*brown factice* 30 g, tanpa CPO dan silika 60 g) sebagai kontrol, formula 2 (tanpa CPO dan silika 60 g), formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g), formula 4 (CPO 60 g dan silika 120 g), dan formula 5 (CPO 90 g dan silika 180 g). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan CPO dan bahan pelunak silika berpengaruh nyata terhadap kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus dan berat jenis. Perlakuan terbaik diperoleh pada formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) dengan nilai kekerasan 33 shore A, tegangan putus 253 kg/cm², perpanjangan putus 890% dan berat jenis 0,933 g/cm³.

Kata kunci: *brown factice*, *crude palm oil*, silika, kompon karet gelang

Abstract

The research aimed to obtain the influence of utilizing crude palm oil as a factice for compound of rubber band, and also to find out the best rubber compound for rubber formula which fulfill the quality specification. The factice type used was crude palm oil (CPO) and the filler was silica with variations were formula 1 (Brown factice 30 g, without CPO and silica 60 g) as control, formula 2 (without CPO and silica 60 g), formula 3 (CPO 30 g and silica 60 g), formula 4 (CPO 60 g and silica 120 g), and formula 5 (CPO 90 g and silica 180 g). The result showed that the addition of crude palm oil and silica had significant effect on the hardness, tensile strength, elongation at break and density. The best treatment was found in formula 3 (CPO 30 g and silica 60 g) with hardness value 33 shore A, tensile strength 253 kg/cm², elongation at break 890% and density 0,933 g/cm³.

Keywords : *brown factice*, *compound of rubber band*, *crude palm oil*, *silica*

PENDAHULUAN

Karet alam (*Natural Rubber*) adalah suatu senyawa hidrokarbon dan merupakan polimer alam yang terbentuk dari getah karet yang digumpalkan dan mengalami proses pengeringan. Karet alam digolongkan kedalam elastomer dan tidak tahan terhadap panas, oksidasi, ozon dan pelarut hidrokarbon (Haris, 2004). Sifat-sifat mekanik karet alam lebih baik dibandingkan karet sintetis yaitu dapat digunakan untuk berbagai keperluan umum, sedangkan

karet sintetis mempunyai sifat yang baik terhadap kondisi lingkungan seperti tahan terhadap panas, cuaca dan minyak (Rahman, 2005).

Kualitas barang jadi karet sangat ditentukan oleh bahan baku dan bahan tambahan yang digunakan serta teknologi cara pembuatannya.

Pengerasan kompon karet dapat dapat dicegah dengan menambahkan bahan pelunak dan antioksidan. Karet dalam keadaan mentah tidak dapat dibentuk menjadi barang jadi karet yang

layak digunakan karena tidak elastis dan mempunyai banyak kelemahan.

Agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan, terlebih dahulu dibuat kompon karet dengan cara mencampurkan karet dengan bahan kimia lain lalu di vulkanisasi (Wahyudi, 2005).

Kompon karet adalah campuran antara karet alam dengan bahan-bahan kimia yang ditentukan komposisinya dan pencampurannya dilakukan dengan cara penggilingan pada suhu $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Komposisi kompon karet berbeda-beda tergantung pada tujuan pembuatan barang jadi karetnya. Sebelum bahan baku karet alam dicampur dengan bahan pembantu, terlebih dahulu bahan baku karet tersebut dilunakan (mastikasi) atau diplastisasi dengan cara digiling (Abednego, 1998).

Bahan-bahan kimia dalam pembuatan kompon karet diantaranya bahan pelunak dan bahan pengisi. Bahan pelunak berfungsi memudahkan pembuatan kompon, pemberian bentuk dan barang karet menjadu empuk. Penambahan bahan pelunak terhadap vulkanisat karet akan berpengaruh diantaranya memudahkan pencampuran bahan pengisi kedala kompon karet, sehingga jumlah penambahan bahan pengisi harus diimbangi dengan jumlah penambahan bahan pelunak, mempersingkat waktu dan menurunkan suhu pencampuran, menghambat *scorch*, memudahkan proses pemberian bentuk. Bahan pelunak pada pembuatan kompon karet biasanya berasal dari minyak bumi (*petroleum oil*) yaitu jenis minyak mineral seperti parafinik, naftenik dan aromatik. Bahan pelunak yang berasal dari minyak bumi mempunyai kelemahan tidak ramah lingkungan, iritasi, korosif dan bersifat karsinogenik. Oleh karena itu perlu adanya alternatif yang lain, diantaranya minyak berasal dari minyak nabati yaitu CPO. Minyak sawit kasar yang dikenal dengan CPO (*crude palm oil*) adalah minyak yang diperoleh dari ekstraksi bagian mesokarp buah. CPO (*crude palm oil*) merupakan produk utama dari industri kelapa sawit yang mempunyai produk turunan yang sangat beragam.

CPO mempunyai peluang yang besar untuk diolah lebih lanjut namun saat ini industri hilir minyak sawit belum berkembang dengan baik, sehingga sampai sekarang industri pengolahan kelapa sawit hanya didominasi oleh industri kilang CPO.

Indonesia merupakan penghasil utama CPO didunia. Tahun 2008, produksi CPO Indonesia sebesar 17,1 juta ton. Perkiraan tahun 2009, produksi CPO Indonesia sebesar 20,7 juta ton dan ekspor sebesar 15,7 juta ton (Anonim, 2008). Bahan pengisi berfungsi sebagai penguat (*reinforcing*) yang dapat memperbesar volume karet, dapat memperbaiki sifat fisis barang karet dan memperkuat vulkanisat (Bonstra, 2005). Efek penguatan bahan pengisi ditentukan oleh ukuran partikel, keadaan permukaan dan bentuk, kehalusan butiran dan kerataan penyebarannya. Kekuatan vulkanisat karet masih dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan pengisi penguat (*reinforcing filler*) kedalam persenyawaan karet. Salah satu bahan pengisi penguat yang digunakan dalam pembuatan kompon karet adalah bahan pengisi jenis silika. Penambahan bahan pengisi penguat pada pembuatan kompon karet dapat meningkatkan kekerasan, kuat tarik, modulus, kuat sobek dan ketahanan kikis suatu kompon, biasanya carbon black dan pigmen mineral yang ukuran partikelnya kecil (Thomas, 2003). Bahan pengisi merupakan bahan yang penting dan selalu digunakan dalam pembuatan kompon karet.

Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui Pengaruh Penggunaan CPO sebagai bahan pelunak (*factice*) dalam pembuatan kompon karet gelang.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian meliputi: karet alam (*natural rubber*), *crude palm oil* (CPO), ZnO, asam stearat, Flektol H, silika, *mercaptodithiobenzothiazol* (MBTS), *Zincdibutylidithiocarbamate* (ZDBC), *brown factice* dan sulfur.

Peralatan yang digunakan meliputi mesin giling dua roll (*open mill*), cetakan (*moulding*), alat *press*, neraca analitis dan peralatan uji.

B. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan beberapa kompon karet gelang dengan variasi perlakuan sebagai berikut :

Formula 1 = Bahan pelunak *brown factice* 30 g dan silika 60 g (kontrol).

Formula 2 = Bahan pelunak CPO 0 g dan silika 60 g.

Formula 3 = Bahan pelunak CPO 30 g dan silika 60 g.

Formula 4 = Bahan pelunak CPO 60 g dan silika 120 g.

Formula 5 = Bahan pelunak CPO 90 g dan silika 180 g.

Prosedur Pembuatan Kompon karet

1. Penimbangan

Bahan yang diperlukan untuk masing-masing formula kompon ditimbang sesuai perlakuan. Jumlah dari setiap bahan di dalam formula kompon dinyatakan dalam gram.

2. *Mixing* (pencampuran)

Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), yang telah dibersihkan. Selanjutnya dilakukan proses :

- a. Mastikasi karet alam selama 1-3 menit.
- b. Pencampuran polimer dengan bahan kimia (pembuatan kompon karet/vulkanisasi)
 - 1). Masukkan ZnO dan asam stearat, potong setiap sisi sampai tiga kali selam 2-3 menit.
 - 2). Masukkan MBTS, dan ZDBC sampai pengilingan rata/homogen.
 - 3). Masukkan *filler* berupa silika sedikit demi sedikit, giling selama 10 menit.
 - 4). Flektol H, *brown factice* dan CPO ditambahkan, giling perlahan-lahan hingga homogen.
 - 5). Kompon digiling kembali untuk dimasukan sulfur (5 menit)

- 6). diamkan/dinginkan minimum 4 jam (paling baik 24 jam) pada suhu ruangan 20°C s.d 25°C, setelah itu kompon dapat digunakan untuk proses vulkanisasi.

- 7). Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dengan menyetel jarak *roll* pada cetakan *sheet*, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transparan dan kompon dipotong disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat.

Peubah yang diamati

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter kekerasan (*hardness*), tegangan putus (*tensile strength*), perpanjangan putus (*elongation at break*), dan berat jenis (*density*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

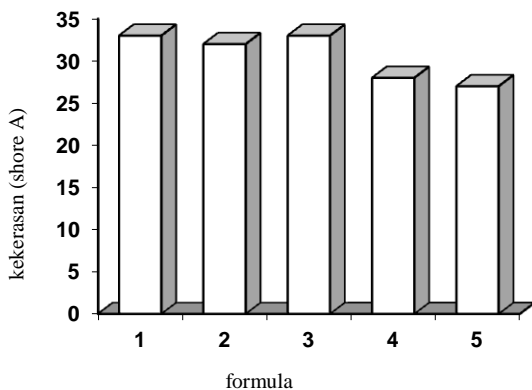
Pada penelitian ini formula 1 merupakan vulkanisat karet yang menggunakan bahan pelunak yaitu *brown factice* dan CPO digunakan sebagai vulkanisat pembanding atau kontrol, dengan nilai hasil uji kekerasan 33shore A, tegangan putus 265 kg/cm², perpanjangan putus 900% dan berat jenis 0,934 g/cm³.

A. Kekerasan (*Hardness*), Shore A

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui besarnya kekerasan vulkanisat karet dengan kekuatan penekanan tertentu (Wahyudi, 2005). Kekerasan dari vulkanisat karet berbeda-beda, tergantung pada jumlah bahan pengisi dan jumlah bahan pelunak yang digunakan dalam kompon (Thomas, 2003). Kekerasan kompon karet dipengaruhi oleh jumlah optimum dari penambahan bahan pelunak yang akan meningkatkan elastisitas dari kompon karet.

Hasil pengujian kekerasan kompon karet terendah diperoleh pada formula 5 (CPO 90 g dan silika 180 g) yaitu 27 shore A dan hasil pengujian kompon karet tertinggi diperoleh pada formula 1

(*Brown factice* 30 g, tanpa CPO dan silika 60 g), dan formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) yaitu 33 shore A. Hasil pengujian kekerasan kompon karet gelang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil pengujian Kekerasan (Shore A) kompon karet

Nilai kekerasan kompon karet gelang terbaik diperoleh pada formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) yaitu 33 Shore A, hasil ini tidak memberikan perbedaan yang tidak signifikan dengan kompon pembanding yaitu kompon 1 dengan nilai kekerasan 33 Shore A. Penambahan *crude palm oil* (CPO) cenderung menurunkan nilai kekerasan, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *crude palm oil* (CPO) sebagai bahan pelunak pada komposisi kompon yang sama dapat memberikan sifat-sifat fisika yang baik yang hampir menyerupai *Brown factice*. Hal ini juga terjadi karena asam stearat yang ada pada *crude palm oil* (CPO) dapat berfungsi sebagai pendispersi yang baik dari molekul-molekul kompon. Kekerasan karet tergantung terutama pada jumlah dan jenis bahan pelunak yang digunakan dalam penyusunan campuran (kompon). Karet alam cenderung menurunkan nilai kekerasan barang jadi karet, hal ini disebabkan karet alam bersifat lentur dan mempunyai friksi yang baik pada suhu normal, sehingga pemakaian karet alam akan membuat kompon karet menjadi lunak. Kekerasan kompon karet terjadi, karena adanya reaksi ikatan silang antara gugus aldehida pada rantai poliisoprene (1-6 per-rantai) dengan gugus aldehida terkondensasi yang ada

didalam bahan bukan karet (Refrizon, 2003).

Reaksi ikatan silang antara gugus aldehida berjalan lambat dan sangat dipengaruhi oleh tingkat kadar air yang terdapat dalam karet tersebut. Semakin kering akan semakin dipercepat terjadinya reaksi ikatan silang gugus aldehida tersebut (Burfield, 2003).

Kecepatan reaksi kondensasi ikatan silang aldehida lebih cepat dibandingkan kecepatan pemutusan ikatan rantai oleh reaksi oksidasi. Sehingga karet akan mengalami pengerasan. Penambahan minyak akan melunakkan kompon dan akan menurunkan jumlah ikatan silang yang terbentuk (Thomas, 2003).

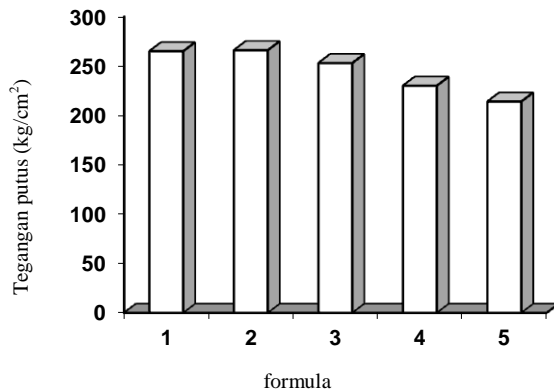
Kekerasan karet juga tergantung jumlah dan jenis bahan pengisi atau jumlah dan jenis bahan penunjang lain yang digunakan dalam penyusunan campuran (kompon), dengan demikian kekerasan suatu vulkanisasi dapat diatur menurut kehendak. Bahan pengisi yang menggunakan silika memberikan nilai yang perbedaannya tidak signifikan terhadap kekerasan bila dibandingkan dengan kompon pembanding.

B. Tegangan Putus (*tensile strength*), kg/cm^2

Tegangan putus merupakan besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai putus, dinyatakan dengan kg tiap cm^2 luas penampang potongan uji sebelum diregangkan. Jika nilai tegangan putus semakin besar, menunjukkan bahwa kompon karet semakin elastis (Basseri A, 2005). Tegangan putus merupakan pengujian fisika karet yang terpenting dan paling sering dilakukan, dengan pengujian ini pula dapat ditetapkan waktu vulkanisasi optimum suatu kompon dan pengaruh pengusangan pada suatu vulkanisasi, selain itu juga pengujian ini menggambarkan kekuatan dan kekenyalan karet.

Hasil pengujian tegangan putus kompon karet terendah diperoleh pada formula 5 (CPO 90 g dan silika 189 g) yaitu 214 kg/cm^2 dan hasil pengujian kompon karet tertinggi diperoleh pada formula 2 (tanpa CPO dan silika 60 g) yaitu 266 kg/cm^2 . Hasil pengujian

tegangan putus kompon karet gelang dapat dilihat pada Gambar 2.



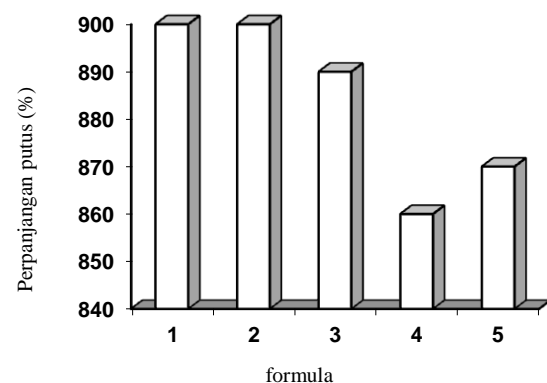
Gambar 2. Hasil pengujian tegangan putus (kg/cm²) kompon karet.

Nilai tegangan putus kompon karet gelang mendekati kompon pembanding pada formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) yaitu 253 kg/cm². Penambahan CPO cenderung menurunkan nilai tegangan putus, hal ini dapat terjadi karena asam lemak yang terdapat pada CPO mempunyai kelarutan yang terbatas didalam karet. Pada formula 4 (CPO 60 g dan silika 120 g) yaitu 230 kg/cm² membentuk nilai tegangan putus makin kecil, hal ini terjadi karena makin banyak bahan pengisi yang ditambahkan, sehingga kemampuan *crude palm oil* (CPO) sebagai bahan pelunak (*factice*) agak berkurang, dan pada formula 5 (CPO 90 g dan silika 180 g) yaitu 214%, tegangan putus yang diperoleh masih dalam taraf toleransi, karena tegangan putus lebih besar dari 200 kg/cm² dan hampir mendekati kompon standar. Penambahan silika pada pembuatan kompon cenderung menurunkan nilai tegangan putus, hal ini disebabkan jumlah bahan pengisi yaitu silika yang ditambahkan terlalu banyak atau kompon karet yang dibuat kurang homogen, sehingga bahan pengisi tidak merata. Keberhasilan pencampuran sangat menentukan sifat fisik barang jadi karet. Menurut Blow (2001) bahan pengisi dapat ditambahkan pada hampir semua barang karet dalam jumlah yang cukup besar, untuk mengurangi jumlah karet yang digunakan dan dapat memberikan sifat fisik yang lebih baik. Tegangan putus

sangat dipengaruhi oleh jumlah optimum penambahan bahan pengisi penguat, sehingga akan meningkatkan tegangan putus barang jadi karet (Rahman, 2005b). Hasil pengujian kompon terbaik terdapat pada formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) yaitu 253 kg/cm².

C. Perpanjangan putus (*elongation at break*), %

Perpanjangan putus merupakan penambahan panjang suatu potongan uji bila diregangkan sampai putus, dinyatakan dengan % dari panjang potongan uji sebelum diregangkan (Kusnata, 1976). Pengujian perpanjangan putus (*elongation at break*) bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tegangan dan regangan dari karet vulkanisat dan thermoplastik dan termasuk penentuan *yield point* melalui kekuatan dan pertambahan panjang vulkanisat karet ketika mengalami penarikan sampai perpanjangan tertentu dan sampai putus.



Gambar 3. Hasil pengujian perpanjangan putus (%) kompon karet

Hasil pengujian perpanjangan putus kompon karet terendah diperoleh pada formula 4 (CPO 60 g dan silika 120 g) yaitu 860% dan hasil pengujian kompon karet tertinggi diperoleh pada formula 1 (*brown factice* 30 g, tanpa CPO dan silika 60 g) dan formula 2 (tanpa CPO dan silika 60 g) yaitu 900%. Hasil pengujian perpanjangan putus kompon karet gelang dapat dilihat pada Gambar 3.

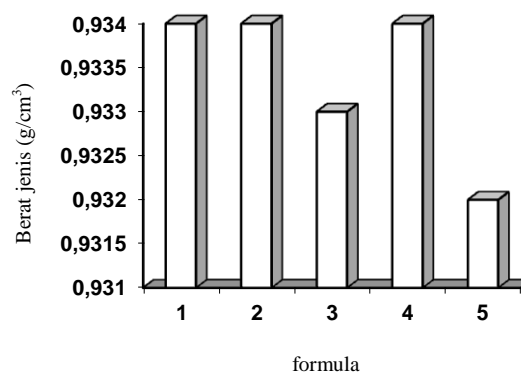
Nilai perpanjangan putus kompon karet gelang pada formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) diperoleh mendekati

kompon pembanding yaitu 890%. Penambahan CPO cenderung menurunkan nilai perpanjangan putus, hal ini disebabkan asam lemak yang terdapat dalam CPO mempunyai kelarutan yang terbatas atau tidak bercampur secara homogen didalam karet. Sedangkan formula 4 (CPO 60 g dan silika 120 g) yaitu 860% dan 5 (CPO 90 g dan silika 180 g) yaitu 870% diperoleh nilai perpanjangan putus semakin kecil, hal ini dapat disebabkan karena makin banyaknya bahan pengisi yang ditambahkan, sehingga kemampuan CPO sebagai bahan pelunak agak berkurang. Perpanjangan putus merupakan salah satu sifat fisika barang jadi karet, untuk mengetahui sifat elastisitas dari produk yang akan menunjukkan sampai seberapa produk yang berbentuk *ring* dapat diregangkan dengan tepat pada tempatnya. Jika kemulurannya terlalu besar maka produk akan mudah ditarik, sehingga pada pemakaiannya tidak dapat dikencangkan dengan tepat (Kusnata, 1976). Menurut Herminiawati (1999) yang mengatakan bahwa, perpanjangan putus dipengaruhi kadar bahan pengisi dan bahan pelunak. Oleh karena itu penambahan CPO dalam pembuatan kompon berguna untuk meningkatkan efektivitas pengolahan kompon.

D. Berat Jenis (*density*), g/cm³

Penentuan berat jenis (*density*) dilakukan untuk mengetahui mutu dari kompon karet dan perhitungan jumlah karet yang dibutuhkan untuk volume tertentu selain itu juga digunakan untuk membuat vulkanisat karet dengan hitungan volume.

Hasil pengujian berat jenis kompon karet terendah diperoleh pada formula 5 (CPO 90 g dan silika 180 g) yaitu 0,932 g/cm³ dan hasil pengujian kompon karet tertinggi diperoleh pada formula 2 (tanpa CPO dan silika 60 g) dan formula 4 (CPO 60 g dan silika 120 g) yaitu 0,934 g/cm³. Hasil pengujian berat jenis kompon karet gelang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengujian berat jenis (g/cm³) kompon karet.

Nilai berat jenis kompon karet gelang pada formula 2 (tanpa CPO dan silika 60 g) dan formula 4 (CPO 60 g dan silika 120 g) diperoleh sama dengan kompon pembanding yaitu 0,934 g/cm³. Sedangkan pada formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) yaitu 0,933 g/cm³ dan formula 5 (CPO 90 g dan silika 180 g) diperoleh nilai density semakin kecil, hasil ini jika dibandingkan dengan kompon pembanding tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan CPO sebagai bahan pelunak pada komposisi yang sama dapat memberikan sifat-sifat fisika atau nilai berat jenis yang baik yang hampir sama dengan *Brown factice*. Hal ini dapat terjadi karena asam stearat yang ada pada CPO dapat berfungsi sebagai pendispersi yang baik dari molekul-molekul kompon (Barley, 1951).

Berat jenis akan turun bila permukaan dalam (*internal surface*) bahan lebih besar. Peningkatan proporsi silika akan menurunkan berat jenis. Peningkatan berat jenis disebabkan karena makin banyak molekul silika yang terikat pada polimer karet menjadikan kompon karet makin padat, sehingga berat jenisnya makin besar (Supraptiningsih, 2005).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, variasi penambahan CPO dan silika berpengaruh terhadap kekerasan

tegangan putus, perpanjangan putus, dan berat jenis. Perlakuan terbaik didapat pada formula 3 (CPO 30 g dan silika 60 g) dengan hasil uji kekerasan yaitu 33 shore A, tegangan putus yaitu 253 kg/cm², perpanjangan putus yaitu 890%, dan berat jenis yaitu 0,933 g/cm³.

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego. (1998). *Bahan Kimia Penyusun Kompon*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Barley, A.E. (1951). *Industrial Oil and Fats Product, 2nd Ed.* New York: Interscience Publishing Inc.
- Basseri, A. (2005). *Teori Praktek Barang Jadi Karet*. Bogor: Balai Penelitian dan Teknologi Karet.
- Blow, C.M. (2001). *Rubber Technology and Manufacture, 2nd Edition*. London: Butterworth Scientifics.
- Boonstra, B.B. (2005). Reinforcement by Filler. *J. Rubber Age*. 92 (6): 227-235
- Burfield. D.R., Lim, K.L., and Law, K.S. (2003). Epoxidation of Natural Rubber Latexes Methods of Preparation and Properties of Modified Rubbers. *Journal of Applied Polymer Science*. 29(5): 1661-1673.
- Haris, U. (2004). *Karet Alam Hevea dan Industri Pengolahannya*. Bogor: Balai Penelitian Karet Bogor. Pusat Penelitian Karet. Lembaga Riset Perkebunan Inodonesia.
- Hermiawati, Purnomo, D., Supranto. (2003). Sifat Filler Kayu Kering terhadap Vulkanisat Karet. *Majalah Barang Kulit, Karet dan Plastik*. 9(1): 32-39.
- Kusnata, T. (1976). *Pengujian Fisika Karet*. Bogor: Balai Penelitian Perkebunan.
- Rahman, N. (2005). *Pengetahuan Dasar Elastomer. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Refrizon. (2003). *Viskositas Mooney Karet Alam*. Medan: Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Supratiningsih, A. (2005). Pengaruh RSS/SBR dan Filler CaCO₃, terhadap Sifat Fisis Kompon Karpas Karet. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 21(1) : 34-40.
- Thomas, J. (2003). *Desain Kompon*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Wahyudi, T. (2005). *Teknologi Barang Jadi Karet Padat*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.